

HALFTONE PHASE SHIFT PHOTOMASK AND BLANKS FOR SAME

Patent Number: JP2001174973
Publication date: 2001-06-29
Inventor(s): MOTONAGA TOSHIKI;; YOKOYAMA HISAFUMI;; OKAMURA TAKASHI;; KONASE YOSHIKI;; MORI HIROSHI;; FUJIKAWA JUNJI
Applicant(s): DAINIPPON PRINTING CO LTD
Requested Patent: ☐ JP2001174973
Application Number: JP19990355522 19991215
Priority Number (s):
IPC Classification: G03F1/08; H01L21/027
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a halftone phase shift photomask and blanks for the photomask having an enhanced etching selectivity ratio of a tantalum silicide- base material to a quartz substrate while retaining superior working characteristics of the tantalum silicide-base material and superior chemical stability after working.
SOLUTION: The blanks 104 and the halftone phase shift photomask have a halftone phase shift layer on a transparent substrate 101 and the phase shift layer comprises a multilayer film including at least a layer 103 consisting essentially of tantalum, silicon and oxygen and a layer 102, based on tantalum and not substantially containing silicon.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-174973

(P2001-174973A)

(43) 公開日 平成13年6月29日 (2001.6.29)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	チーコード [*] (参考)
G 0 3 F 1/08		G 0 3 F 1/08	A 2 H 0 9 5
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 P

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-355522

(22) 出願日 平成11年12月15日 (1999. 12. 15)

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72) 発明者 本永 稔明

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72) 発明者 横山 寿文

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(74) 代理人 100097777

弁理士 荻澤 弘 (外7名)

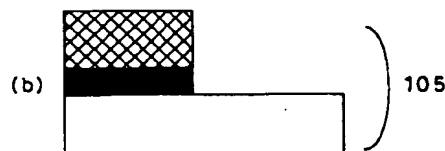
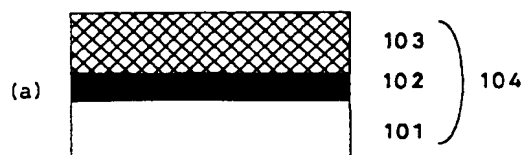
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハーフトーン位相シフトフォトマスク及びハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス

(57) 【要約】

【課題】 タンタルシリサイド系材料の優れた加工特性、加工後の化学的安定性等を維持しつつ、石英基板とのエッチング選択比を向上したハーフトーン位相シフトフォトマスク及びブランクス。

【解決手段】 透明基板101上のハーフトーン位相シフト層が、タンタル、シリコン、及び、酸素を主成分とする1層103と、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層102とを少なくとも含む多層膜で構成されているハーフトーン位相シフトフォトマスク及びブランクス104。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明基板上のハーフトーン位相シフト層が、タンタル、シリコン、及び、酸素を主成分とする1層と、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層とを少なくとも含む多層膜で構成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項2】 請求項1において、透明基板上にタンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層がまず形成され、その上にタンタル、シリコン、及び、酸素を主成分とする1層が形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項3】 請求項1又は2において、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層が酸素又は窒素を含むことを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項4】 請求項1から3の何れか1項において、ハーフトーン位相シフト層が、透明基板上に以下の式により求まる位相差 ϕ が $n\pi \pm \pi/3$ ラジアン（ n は奇数）の範囲となるように形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

$$\phi = \sum_{k=1}^{m-1} \chi^{k,k+1} + \sum_{k=1}^{m-1} 2\pi(u_k - 1)d_k / \lambda$$

ここで、 ϕ は前記透明基板上に（ $m-2$ ）層の多層膜が構成されているフォトマスク用ブランクスを垂直に透過する光が受ける位相変化であり、 $\chi^{k,k+1}$ は k 番目の層と（ $k+1$ ）番目の層との界面で起きる位相変化、 u_k 、 d_k はそれぞれ k 番目の層を構成する材料の屈折率と膜厚、 λ は露光光の波長である。ただし、 $k=1$ の層は前記透明基板、 $k=m$ の層は空気とする。

【請求項5】 請求項1から4の何れか1項において、ハーフトーン位相シフト層の露光光に対する透過率が、その露光光に対する前記透明基板の透過率を100%としたときに、1乃至50%となるような膜厚で前記透明基板上に形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項6】 請求項1から5の何れか1項において、ハーフトーン位相シフト層が形成された表面の露光光に対する絶対反射率が、0乃至30%であることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項7】 請求項1から6の何れか1項において、ハーフトーン位相シフト層の上に、クロムを主成分とする遮光膜が続けて形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項8】 請求項1から6の何れか1項において、ハーフトーン位相シフト層の下に、クロムを主成分とする遮光膜のパターンが形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項9】 透明基板上のハーフトーン位相シフト層が、タンタル、シリコン、及び、酸素を主成分とする1層と、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層とを少なくとも含む多層膜で構成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項10】 請求項9において、透明基板上にタンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層がまず形成され、その上にタンタル、シリコン、及び、酸素を主成分とする1層が形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項11】 請求項9又は10において、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層が酸素又は窒素を含むことを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項12】 請求項9から11の何れか1項において、ハーフトーン位相シフト層が、透明基板上に以下の式により求まる位相差 ϕ が $n\pi \pm \pi/3$ ラジアン（ n は奇数）の範囲となるように形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

$$\phi = \sum_{k=1}^{m-1} \chi^{k,k+1} + \sum_{k=1}^{m-1} 2\pi(u_k - 1)d_k / \lambda$$

ここで、 ϕ は前記透明基板上に（ $m-2$ ）層の多層膜が構成されているフォトマスクを垂直に透過する光が受ける位相変化であり、 $\chi^{k,k+1}$ は k 番目の層と（ $k+1$ ）番目の層との界面で起きる位相変化、 u_k 、 d_k はそれぞれ k 番目の層を構成する材料の屈折率と膜厚、 λ は露光光の波長である。ただし、 $k=1$ の層は前記透明基板、 $k=m$ の層は空気とする。

【請求項13】 請求項9から12の何れか1項において、ハーフトーン位相シフト層の露光光に対する透過率が、その露光光に対する前記ハーフトーン位相シフト層の開口部透過率を100%としたときに、1乃至50%であることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項14】 請求項9から13の何れか1項において、ハーフトーン位相シフト層が形成された表面の露光光に対する絶対反射率が、0乃至30%であることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項15】 請求項9から14の何れか1項において、ハーフトーン位相シフト層のパターンの上に、クロムを主成分とする遮光膜のパターンが形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項16】 請求項9から14の何れか1項において、ハーフトーン位相シフト層のパターンの下に、クロムを主成分とする遮光膜のパターンが形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、LSI、超LSI

等の高密度集積回路等の製造に用いられるフォトマスク及びそのフォトマスクを製造するためのフォトマスクブランクに関し、特に、微細寸法の投影像が得られるハーフトーン位相シフトフォトマスク、この位相シフトフォトマスクを製造するためのハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクに関する。

【0002】

【従来の技術】 IC、LSI、超LSI等の半導体集積回路は、フォトマスクを使用したいわゆるリソグラフィ工程を繰り返すことによって製造されるが、特に微細寸法の形成には、例えば、特開昭58-173744号公報、特公昭62-59296号公報等に表示されているような位相シフトフォトマスクの使用が検討されている。位相シフトフォトマスクには様々な構成のものが提案されているが、その中でも、例えば特開平4-136854号公報、米国特許第4,890,309号等に表示されるような、いわゆるハーフトーン位相シフトフォトマスクが早期実用化の観点から注目を集め、特開平5-2259号公報、特開平5-127361号公報等のように、製造工程数の減少による歩留りの向上、コストの低減等が可能な構成、材料に関して、いくつかの提案がされてきている。

【0003】ここで、ハーフトーン位相シフトフォトマスクを図面に従って簡単に説明する。図6はハーフトーン位相シフト法の原理を示す図、図7は従来法を示す図である。図6(a)及び図7(a)はフォトマスクの断面図、図6(b)及び図7(b)はフォトマスク上の光の振幅、図6(c)及び図7(c)はウェーハ上の光の振幅、図6(d)及び図7(d)はウェーハ上の光強度をそれぞれ示し、911及び921は基板、922は100%遮光膜、912は入射光の位相を実質的に180°ずらし、かつ、透過率が1乃至50%であるハー

*フトーン位相シフト膜、913及び923は入射光である。従来法においては、図7(a)に示すように、石英ガラス等からなる基板921上にクロム等からなる100%遮光膜922を形成し、所望のパターンの光透過部を形成してあるだけであり、ウェーハ上での光強度分布は図7(d)に示すように裾広がりとなり、解像度が劣ってしまう。一方、ハーフトーン位相シフト法では、ハーフトーン位相シフト膜912を透過した光とその開口部を透過した光とでは位相が実質的に反転するので、図6(d)に示すように、ウェーハ上でパターン境界部での光強度が0になり、その裾広がりを抑えることができ、したがって、解像度を向上させることができる。

【0004】ここで注目すべき点は、ハーフトーン以外のタイプの位相シフトリソグラフィーでは、遮光膜と位相シフター膜とが異なる材質、パターンであるため、最低2回の製版工程を必要とするのに対し、ハーフトーン位相シフトリソグラフィーではパターンが1つであるため、製版工程は本質的に1回だけでよいという点であり、これがハーフトーン位相シフトリソグラフィーの大きな長所となっている。

【0005】ところで、ハーフトーン位相シフトフォトマスクのハーフトーン位相シフト膜912には、位相反転と透過率調整という2つの機能が要求される。この中、位相反転機能については、ハーフトーン位相シフト膜912を透過する露光光と、その開口部を透過する露光光との間で、位相が実質的に反転するようになっていればよい。ここで、ハーフトーン位相シフト膜912を、例えば、M. Born, E. Wolf著「Principles of Optics」628~632頁に示される吸収膜として扱くと、多重干渉を無視できるので、垂直透過光の位相変化 ϕ は、

$$\phi = \sum_{k=1}^{m-1} \chi^{k,k+1} + \sum_{k=2}^{m-1} 2\pi(u_k - 1)d_k/\lambda \quad \dots (1)$$

により計算され、 ϕ が $n\pi \pm \pi/3$ (n は奇数)の範囲に含まれるとき、上述の位相シフト効果が得られる。なお、式(1)で、 ϕ は基板上に($m-2$)層の多層膜が構成されているフォトマスクを垂直に透過する光が受ける位相変化であり、 $\chi^{k,k+1}$ は k 番目の層と($k+1$)番目の層との界面で起きる位相変化、 u_k 、 d_k はそれぞれ k 番目の層を構成する材料の屈折率と膜厚、 λ は露光光の波長である。ただし、 $k=1$ の層は前記透明基板、 $k=m$ の層は空気とする。

【0006】一方、ハーフトーン位相シフト効果が得られるための、ハーフトーン位相シフト膜912の露光光透過率は、転写パターンの寸法、面積、配置、形状等によって決定され、パターンによって異なる。実質的に上述の効果を得るためには、ハーフトーン位相シフト膜の露光光透過率を、パターンによって決まる最適透過率を

中心として、最適透過率±数%の範囲内に含まれるようにしなければならない。通常、この最適透過率は、開口部を100%としたときに、転写パターンによって1乃至50%という広い範囲内で大きく変動する。すなわち、あらゆるパターンに対応するためには、様々な透過率を有するハーフトーン位相シフトフォトマスクが要求される。

【0007】実際には、位相反転機能と透過率調整機能とは、ハーフトーン位相シフト膜を構成する材料(多層の場合は、各層を構成する各材料)の複素屈折率(屈折率と消費係数)と膜厚とによって決定される。つまり、ハーフトーン位相シフト膜の膜厚を調整し、前記式

(1)により求まる位相差 ϕ が $n\pi \pm \pi/3$ (n は奇数)の範囲に含まれるような材料が、ハーフトーン位相シフトフォトマスクのハーフトーン位相シフト層として

使える。

【0008】ところで、一般的にフォトマスクパターン用の薄膜材料としては、例えば特開昭57-64739号公報、特公昭62-51460号公報、特公昭62-51461号公報に示されるようなタンタル系の材料が知られており、その加工特性、加工後の化学的安定性等が極めて優れていることから、例えば特開平5-134396号公報、特開平7-134396号公報、特開平7-281414号公報にあげられるように、タンタルを酸化又は窒化することで、ハーフトーン位相シフト膜へ応用する試みが盛んに検討された。また、LSIパターンの微細化に伴う露光波長の短波長化が進むに従い、例えば特開平6-83027号公報に示されされるような、より短波長露光に対応した、タンタルシリサイド系の材料を用いる研究も進められた。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、一般的にタンタルシリサイドは、 CF_4 、 CHF_3 、 SF_6 、 C_2F_6 、 NF_3 、 $\text{CF}_4 + \text{H}_2$ 、 CBrF_3 等のフッ素系のエッチングガスを用いてドライエッチングを行うが、この際に、基板材である合成石英等の透明基板もエッチングされ、高精度なドライエッチングができない、という問題点があった。一般的に、ハーフトーン位相シフトフォトマスクの製造に関しては、その位相角の高精度制御が不可欠であるが、上述の通り、ハーフトーン位相シフト膜のエッチングの際に石英基板もエッチングされてしまうと、その掘られた分だけ位相差に誤差が生じてしまう。また、ハーフトーン位相シフト膜のエッチングは、パターン寸法の制御にも重要な役割を持ったため、できる限り良好なパターン寸法の均一性・再現性が得られるように条件設定したいところであるが、石英とのエッチング選択比という新たなパラメータが加わることで、条件設定の裕度が狭くなってしまう、という問題点もある。これは、寸法制御にとっての最適エッチングプロセスと、上記位相差制御を重視した最適エッチングプロセスとは必ずしも一致しないため生じる問題である。すなわち、タンタルシリサイド系のハーフトーン位相シフト膜材料は、それ自体は優れた加工特性、加工後の化学的安定性を示すが、位相差の高精度制御も考慮に入れると、高精度のパターニングが困難になってしまう、という問題点である。

【0010】本発明は従来技術のこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、タンタルシリサイド系材料の優れた加工特性、加工後の化学的安定性等を維持しつつ、石英基板とのエッチング選択比を向上したハーフトーン位相シフトフォトマスク及びハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスを提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の問題に

鑑み、ハーフトーン位相シフト膜を多層膜で構成し、その中の1層を、透明基板と十分に大きなエッチング選択比がとれる材料で構成することによって、高精度加工が可能なハーフトーン位相シフトフォトマスク及びハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスを開発すべく研究の結果、完成に到ったものである。

【0012】すなわち、本発明では、ハーフトーン位相シフト層として、タンタル、シリコン、及び、酸素を主体とする層を含むハーフトーン位相シフトフォトマスク及びハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスに関し、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない膜を1層設けることにより、上記高精度パターニングを達成している。ここで、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない膜は、 Cl_2 、 CH_2Cl_2 等の塩素系のエッチングガスでもエッチングをすることができるが、これら塩素系ガスでは、合成石英等の透明基板は実質上エッチングされない。

【0013】ここで、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない膜は、その役割上、透明基板の直ぐ上に第1層として成膜されることが望ましい。例えば、合成石英上に、まずタンタルを主体とし実質的にシリコンを含まない膜を形成し、その上にタンタル、シリコン、及び、酸素を主体とする膜を形成し、これら2層でハーフトーン位相シフト膜とした場合、パターニングにおいては、まずフッ素系のドライエッチングガスでタンタル、シリコン、及び、酸素を主体とする膜をエッチングし、続けて、塩素系のドライエッチングガスで、基板との十分なドライエッチング選択比を維持しながらパターニングをすることにより、高精度な位相差制御が可能となる。また、このハーフトーン位相シフト膜は、タンタル系薄膜の特徴である優れた化学的安定性、加工性を有し、また、シリサイド膜を用いているため、フッ化クリプトンエキシマレーザーリソグラフィ（露光波長：248nm）、フッ化アルゴンエキシマレーザーリソグラフィ（露光波長：193nm）に対しても十分な透光性を有するため、ハーフトーン位相シフト膜として使用できる。

【0014】このようにして得られたハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクの代表的な光学特性スペクトルを図4に示す。一般的に、この光学特性スペクトルで十分実用に耐えるものであると考えられるが、膜面の反射率が若干高いことが懸念される場合も予想される。すなわち、一般的には、露光光の膜面反射率が30%以下、望ましくは20%以下であることが要求される場合がある。このような場合、反射率スペクトルを変更するために、この膜と透明基板との間に第3の膜を設けることも可能である。この場合、この膜は十分に薄ければ、その膜と透明基板とのエッチング選択比が低くとも、実質的に位相差に大きな誤差を与えないと考えられる。例えば、タンタルを主体とし実質的にシリコンを含

まないと膜と透明基板との間に、タンタル、シリコン、及び、酸素を主体とする膜を数10～100Åだけ成膜することも可能である。この場合、この薄膜の膜厚を上記範囲内で変えることで反射率スペクトルを自由に変えることが可能となり、かつ、膜厚が薄いので、選択比が悪くとも、マスク位相差に及ぼす影響は小さい。

【0015】また、タンタルを主体とし実質的にシリコンを含まない膜に微量の酸素又は窒素を入れることで、反射率スペクトルをコントロールすることも可能である。

【0016】以上のように、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスは、透明基板上のハーフトーン位相シフト層が、タンタル、シリコン、及び、酸素を主成分とする1層と、タンタルを主成分とし実質*

$$\phi = \sum_{k=1}^{m-1} \chi^{k,k+1} + \sum_{k=1}^{m-1} 2\pi (u_k - 1) d_k / \lambda \quad \dots (1)$$

ここで、 ϕ は透明基板上に(m-2)層の多層膜が構成されているフォトマスク用ブランクスを垂直に透過する光が受ける位相変化であり、 $\chi^{k,k+1}$ はk番目の層と(k+1)番目の層との界面で起きる位相変化、 u_k 、 d_k はそれぞれk番目の層を構成する材料の屈折率と膜厚、 λ は露光光の波長である。ただし、k=1の層は透明基板、k=mの層は空気とする。

【0021】また、ハーフトーン位相シフト層の露光光に対する透過率が、その露光光に対する透明基板の透過率を100%としたときに、1乃至50%となるような膜厚で透明基板上に形成されていることが望ましい。

【0022】また、ハーフトーン位相シフト層が形成された表面の露光光に対する絶対反射率が、0乃至30%であることが望ましい。

【0023】なお、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスは、ハーフトーン位相シフト層の上に、クロムを主成分とする遮光膜が続けて形成されているもの、あるいは、ハーフトーン位相シフト層の下に、クロムを主成分とする遮光膜のパターンが形成され※

$$\phi = \sum_{k=1}^{m-1} \chi^{k,k+1} + \sum_{k=1}^{m-1} 2\pi (u_k - 1) d_k / \lambda \quad \dots (1)$$

ここで、 ϕ は透明基板上に(m-2)層の多層膜が構成されているフォトマスクを垂直に透過する光が受ける位相変化であり、 $\chi^{k,k+1}$ はk番目の層と(k+1)番目の層との界面で起きる位相変化、 u_k 、 d_k はそれぞれk番目の層を構成する材料の屈折率と膜厚、 λ は露光光の波長である。ただし、k=1の層は透明基板、k=mの層は空気とする。

【0029】また、ハーフトーン位相シフト層の露光光に対する透過率が、その露光光に対するハーフトーン位相シフト層の開口部透過率を100%としたときに、1乃至50%であることが望ましい。

*的にシリコンを含まない1層とを少なくとも含む多層膜で構成されていることを特徴とするものである。

【0017】この場合に、透明基板上にタンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層がまず形成され、その上にタンタル、シリコン、及び、酸素を主成分とする1層が形成されているものとすることができる。

【0018】また、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層が酸素又は窒素を含むものとすることができる。

10 【0019】また、ハーフトーン位相シフト層が、透明基板上に以下の式により求まる位相差 ϕ が $n\pi \pm \pi/3$ ラジアン(nは奇数)の範囲となるように形成されていることが望ましい。

【0020】

※ているものとすることもできる。

20 【0024】本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスクは、透明基板上のハーフトーン位相シフト層が、タンタル、シリコン、及び、酸素を主成分とする1層と、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層とを少なくとも含む多層膜で構成されていることを特徴とするものである。

【0025】この場合に、透明基板上にタンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層がまず形成され、その上にタンタル、シリコン、及び、酸素を主成分とする1層が形成されているものとすることができる。

30 【0026】また、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層が、酸素又は窒素を含むものとすることができる。

【0027】また、ハーフトーン位相シフト層が、透明基板上に以下の式により求まる位相差 ϕ が $n\pi \pm \pi/3$ ラジアン(nは奇数)の範囲となるように形成されていることが望ましい。

【0028】

40 【0030】また、ハーフトーン位相シフト層が形成された表面の露光光に対する絶対反射率が、0乃至30%であることが望ましい。

【0031】なお、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスクは、ハーフトーン位相シフト層のパターンの上に、クロムを主成分とする遮光膜のパターンが形成されているもの、あるいは、ハーフトーン位相シフト層のパターンの下に、クロムを主成分とする遮光膜のパターンが形成されているものとすることもできる。

50 【0032】本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク及びハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブラン

クスにおいては、透明基板上のハーフトーン位相シフト層が、タンタル、シリコン、及び、酸素を主成分とする1層と、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層とを少なくとも含む多層膜で構成されているので、タンタル系材料に特有の化学的安定性、加工特性に加え、シリサイド系に特有の短波長適用性を維持しつつ、合成石英等の透明基板とのエッチング選択比が十分にとれるため、高精度なパターニングが可能で、かつ、マスク加工後の安定性に優れた、理想的なマスク部材を実現することができる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク及びハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスの実施例について説明する。

【0034】〔実施例1〕本発明のKrF露光用ハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスの実施例を、図1の製造工程を説明するための図に従って説明する。なお、この実施例では、ハーフトーン位相シフト膜は2層より構成される。

【0035】図1(a)に示すように、光学研磨され、良く洗浄された6インチ角、0.25インチ厚の高純度合成石英基板101上に、以下に示す条件でハーフトーン位相シフト膜の第1層102を形成する。ここで、第1層102の膜厚は約25nmとする。

【0036】成膜装置：プレーナー型DCマグネトロンスパッター装置

ターゲット：金属タンタル

ガス及び流量：アルゴンガス50sccm

スパッター圧力：0.3パスカル

スパッター電流：3.0アンペア

次に、続けてこの上にハーフトーン位相シフト膜の第2*

*層103を、以下の条件で形成する。ここで、第2層103の膜厚は約140nmとする。

【0037】成膜装置：プレーナー型DCマグネトロンスパッター装置

ターゲット：タンタル：シリコン=1：3（原子比）

ガス及び流量：アルゴンガス50sccm+酸素ガス50sccm

スパッター圧力：0.3パスカル

10 スパッター電流：3.5アンペア

これにより、本発明のKrFエキシマレーザー露光用で透過率6%のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス104を得る。このブランクス光学特性スペクトルを図4に示す。

【0038】なお、図1(b)に示すように、同一条件で事前にテープ等でマスクングをした合成石英基板上に成膜し、成膜後にマスクングを剥離するリフトオフ法で段差を形成したサンプル105を作製し、これを用い、波長248nm光に対する位相差、透過率を市販の位相差測定装置（レーザーテック社製 MPM248）で計測したところ、それぞれ182.62°、5.37%であった。

【0039】次に、このサンプル105に関し、フォトマスク製造工程で使用する洗浄液、エッチング液等の薬液に対する耐性を調べた結果を以下に示す。

【0040】薬液(a) 硫酸：硝酸=10：1（容量比）、温度：80℃

薬液(b) 10%アンモニア水、室温

薬液(c) 市販のクロムエッチャント（インクテック製 MR-ES）、室温

30

薬液	浸漬時間	位相差変化	透過率変化
(a)	2時間	-0.11°	+0.01%
(b)	2時間	-0.05°	+0.00%
(c)	2時間	-0.03°	+0.02%

【0041】〔実施例2〕本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスクの実施例を図2の製造工程図に従って説明する。

【0042】図2(a)に示すように、実施例1で得たブランクス201（104）上に、常法の電子線リソグラフィ法又はフォトリソグラフィ法により、有機物を主成分とする所望のレジストパターン202を得た。

【0043】次に、図2(b)に示すように、市販のフォトマスク用ドライエッチャー（PTI社製 VLR7※

条件1 エッチングガス

※00）を用い、レジストパターン202から露出されたハーフトーン位相シフト膜（102+103）を、高密度プラズマに曝すことにより選択的にドライエッチングし、所望のハーフトーン位相シフト膜パターン203を得た。なお、本実験で用いたドライエッチャーは、エッチング処理室を2個有し、以下の条件1、2は別々の処理室で実施している。

【0044】

CF₄ ガス

	圧力	10mTorr
	ICPパワー（高密度プラズマ発生）	950W
	バイアスパワー（引き出しパワー）	50W
	時間	360秒
条件2	エッチングガス	Cl ₂ ガス
	圧力	3mTorr
	ICPパワー（高密度プラズマ発生）	500W
	バイアスパワー（引き出しパワー）	25W
	時間	200秒

次に、残ったレジスト204を常法により剥離し、図2(c)に示すような、ハーフトーン位相シフト部の波長248nm光の透過率が6%であるハーフトーン位相シフトフォトマスク205を得た。ここで注目すべきは、条件2のエッチングでは、基板である合成石英がほとんどエッチングされず、極めて高精度の位相差制御が可能であることである。

【0045】なお、このハーフトーン位相シフトフォトマスク205は、除去された部分の寸法精度、断面形状、膜厚分布、透過率分布、膜の基板への密着性等、全て実用に供することができるものである。

【0046】【実施例3】本発明のKrF露光用ハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスに関し、実施例1のブランクスに比べ、波長248nmの膜面反射率を低下したブランクスの実施例を、図3の製造工程を説明するための図に従って説明する。なお、ここでは、ハーフトーン位相シフト膜を構成する2層の中、シリコンを実質的に含まないタンタルを主体とする膜に微量の酸素を入れることにより、低反射化を実現している。

【0047】図3(a)に示すように、光学研磨され、良く洗浄された6インチ角、0.25インチ厚の高純度合成石英基板301上に、以下に示す条件でハーフトーン位相シフト膜の第1層302を形成する。ここで、第1層302の膜厚は約40nmとする。

【0048】成膜装置：プレーナー型DCマグネトロンスパッター装置

ターゲット：金属タンタル

ガス及び流量：アルゴンガス40sccm+酸素ガス5sccm

スパッター圧力：0.3パスカル

スパッター電流：2.0アンペア

次に、続けてこの上にハーフトーン位相シフト膜の第2層303を、以下の条件で形成する。ここで、第2層303の膜厚は約90nmとする。

【0049】成膜装置：プレーナー型DCマグネトロンスパッター装置

ターゲット：タンタル：シリコン=1：3（原子比）

ガス及び流量：アルゴンガス50sccm+酸素ガス50sccm

スパッター圧力：0.3パスカル

10 スパッター電流：3.5アンペア

これにより、本発明のKrFエキシマレーザー露光用で透過率6%のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス304を得る。このブランクス光学特性スペクトルを図5に示す。

【0050】なお、図3(b)に示すように、同一条件で事前にテープ等でマスキングをした合成石英基板上に成膜し、成膜後にマスキングを剥離するリフトオフ法で段差を形成したサンプル305を作製し、これを用い、波長248nm光に対する位相差、透過率を市販の位相差測定装置（レーザーテック社製 MPM248）で計測したところ、それぞれ186.59°、6.07%であった。

【0051】このブランクス膜面反射スペクトルを図5に示す。図4に示す実施例1のブランクス波長248nmでの膜面反射率が約43%であるのに対し、本実施例の場合、2%程度に低下することができ、低反射率を実現できている。

【0052】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク及びハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスによると、透明基板上のハーフトーン位相シフト層が、タンタル、シリコン、及び、酸素を主成分とする1層と、タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない1層とを少なくとも含む多層膜で構成されているので、タンタル系材料に特有の化学的安定性、加工特性に加え、シリサイド系に特有の短波長適用性を維持しつつ、合成石英等の透明基板とのエッチング選択比が十分にとれるため、高精度なパターンニングが可能で、かつ、マスク加工後の安定性に優れた、理想的なマスク部材を実現することができる。このことにより、高精度のハーフトーン位相シフトフォトマスクが、歩留まり良く、低コストで実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス製造工程を説明するための図である。

【図2】本発明の実施例2のハーフトーン位相シフトフォトマスク製造工程を説明するための図である。

【図3】本発明の実施例3のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス製造工程を説明するための図

である。

【図4】本発明の実施例1のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスの透過率及び反射率スペクトルを示す図である。

【図5】本発明の実施例3のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスの透過率及び反射率スペクトルを示す図である。

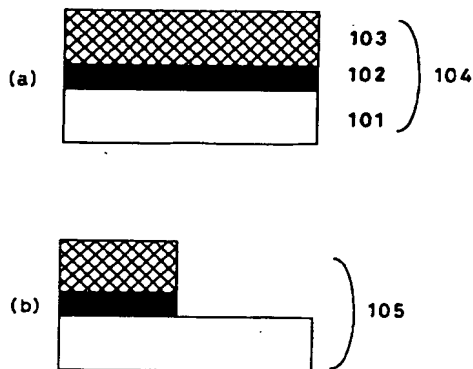
【図6】ハーフトーン位相シフトリソグラフィーの原理を示す図である。

【図7】従来法の原理を示す図である。

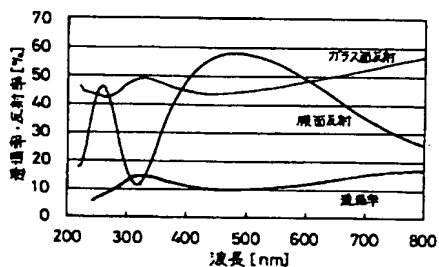
【符号の説明】

- 101…高純度合成石英基板
102…ハーフトーン位相シフト膜の第1層（タンタルを主成分とし実質的にシリコンを含まない膜）
103…ハーフトーン位相シフト膜の第2層（タンタル、シリコン、及び、酸素を主体とする膜）
104…ハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス

【図1】

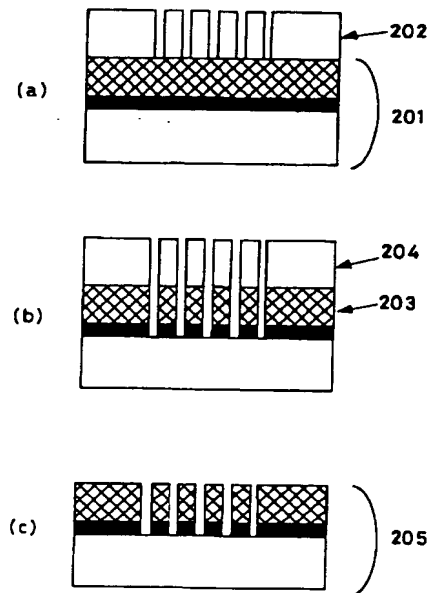


【図4】

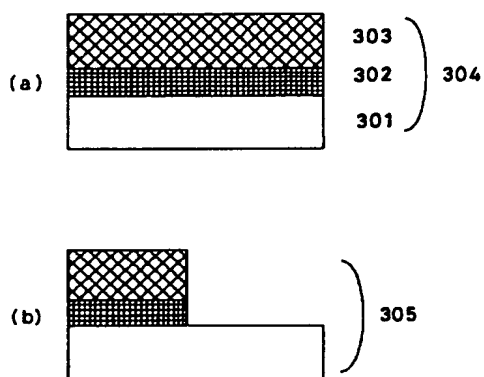


- 105…位相差、透過率測定用サンプル
201…ハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス（104）
202…レジストパターン
203…ハーフトーン位相シフト膜パターン
204…ドライエッチング後に残存するレジストパターン
205…ハーフトーン位相シフトフォトマスク
301…高純度合成石英基板
302…ハーフトーン位相シフト膜の第1層（タンタルを主成分とし微量の酸素を含み実質的にシリコンを含まない膜）
303…ハーフトーン位相シフト膜の第2層（タンタル、シリコン、及び、酸素を主体とする膜）
304…ハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス
305…位相差、透過率測定用サンプル

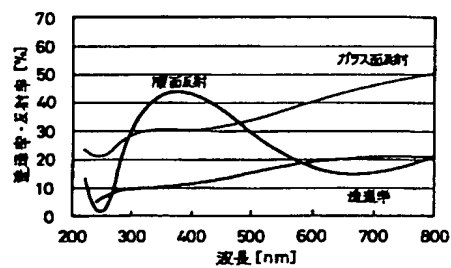
【図2】



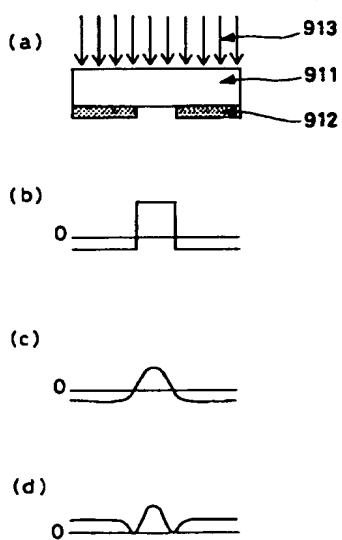
【図3】



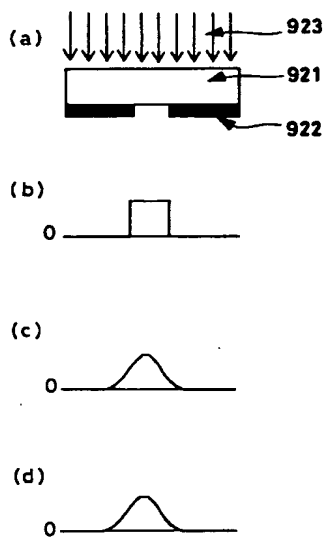
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 岡村 崇史
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
大日本印刷株式会社内

(72)発明者 木名瀬 良紀
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
大日本印刷株式会社内

(72)発明者 毛利 弘
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
大日本印刷株式会社内

(72)発明者 藤川 潤二
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
大日本印刷株式会社内

Fターム(参考) 2H095 BB02 BB03 BC11